

强酸性电解水对猪通脊的杀菌效果研究

李 建,赵瑞平,郑德奖,李华贞,刘海杰*

(中国农业大学食品科学与营养工程学院,北京 100083)

摘 要:考察强酸性电解水对猪肉的杀菌效果、影响因素以及在杀菌过程中强酸性电解水各指标的变化。结果表明:强酸性电解水的有效氯浓度(ACC)从29.62mg/L增加到88.87mg/L,其对猪肉样品的杀菌率由88.2%上升到96.3%,杀菌率呈迅速上升,而后变化趋于平缓。用强酸性电解水浸渍猪肉10min,其体积(mL)为样品质量(g)7倍后,再增加强酸性电解水体积,杀菌效果没有明显提高。强酸性电解水处理样品8min后,细菌总数的对数从4.59下降到3.40,此后,延长浸泡时间,细菌总数变化不大。在处理过程中,强酸水的有效氯浓度、氧化还原电位和pH在1min内急剧下降,而后下降趋势变缓。

关键词:强酸性电解水,猪通脊,杀菌效果,影响因素

Effect of strongly acidic electrolyzed water treatment on total bacteria numbers of fresh pork

LI Jian,ZHAO Rui-ping,ZHENG De-jiang,LI Hua-zhen,LIU Hai-jie*

(College of Food Science and Nutritional Engineering,China Agricultural University,Beijing 100083,China)

Abstract: The effect of strongly acidic electrolyzed water (SAEW) treatment on total bacteria numbers of pork samples was studied, factors influencing disinfection effects and changes of physicochemical parameters of SAEW during treatments. The results showed that bacteriocidal efficiency increased from 88.2% to 96.3%, as the available chlorine of concentration of SAEW rased from 29.62mg/L to 88.87mg/L. The bacteriocidal efficiency rised up quickly at the beginning, then slowed down. The effect of sterilization could be enhanced by adding SEOW or extending the soaking time. After the volume of AEOW was 7 times as sample quality, disinfection effects of SAEW did not improve obviously with additional SAEW. Following soaking treatment with SAEW for 8min, bacteria counts reduced from 4.59lgcfu/g to 3.40lgcfu/g. Additional soaking time did not achieve additional reduction. The available chlorine of concentration, oxidation reduction potential and pH of SAEW all declined sharply within 1min during soaking treatments.

Key words: strongly acidic electrolyzed water, fresh pork, disinfection effect, influencing factors

中图分类号:TS251.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2012)01-0144-04

鲜肉在分割和运输过程中,表面首先被生产设备、器具和环境中的微生物污染,所以及时清除和杀灭鲜肉表面的微生物,防治细菌向鲜肉内部滋生,有利于降低鲜肉的微生物污染程度。电解水(Electrolyzed Water)也称电解离子水和氧化还原电位水,是在特殊的装置中电解食盐或稀盐酸得到的具有特殊功能的酸性电解水和碱性电解水的总称。一般将pH<2.7、ACC 20~60mg/L的电解水称为强酸性电解水,将pH 5.0~6.5、ACC 10~30mg/L的电解水称为微酸性电解水。电解水作用后可还原为普通水,无污染、安全性高、对环境友好,而且成本低廉、制取方便,有良好的应用前景。强酸性电解水(Strongly Acidic Electrolyzed

Water),简称强酸水(SAEW),在肉品中的研究集中于其对肉品中病原微生物和致病菌的研究,Ozer^[1]对接入大肠杆菌和李斯特菌的新鲜鲑鱼片进行杀菌,结果表明,使用强酸水在35℃下可使大肠杆菌减少91.9%,李斯特菌减少92.3%。Fabrizio、Cutter^[2-3]研究表明,强酸水可使即食肉表面的李斯特菌降低1个对数值,此外,使用强酸水、氯水、蒸馏水、乳酸分别浸泡处理接种了弯曲弧菌的猪肉,结果表明强酸水和乳酸能够较好地杀灭弯曲弧菌,贮藏数天后的猪肉中检测不到弧菌的存在。Tian Ding^[4]等用强酸水浸渍接种大肠杆菌O157:H7的牛肉,可使菌数下降1.64lgcfu/g。Ren^[5]使用加盐量为1%的电解水处理接种了溶血性弧菌的牡蛎4~6h,能够有效降低腐败菌的菌数。Yu-Ru Huang^[6]等发现,将接种大肠杆菌和副溶血性弧菌的罗非鱼浸渍到强酸水10min,与对照组相比,大肠杆菌下降0.7lgcfu/cm²,副溶血性弧菌

收稿日期:2011-01-17 * 通讯联系人

作者简介:李建(1987-),女,在读硕士研究生,研究方向:食品科学。

基金项目:国家自然科学基金(31071553)。

下降2.6lgcfu/cm²。刘晔^[7]等用强酸水对猪肉里脊的肉糜进行处理,细菌总数下降2lgcfu/g。本研究将以肉品为基质,直接研究强酸水对肉品本身所污染微生物的杀灭作用,影响杀菌效果的因素以及在杀菌过程中强酸水各个指标的变化,为生产实践提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

猪通脊肉 购于中国农业大学附近的美廉美超市。

CE-7001型赛爱酸性电解水发生器 Sai Ai Environmental Protection and Technology Development Company Ltd. ,Guangzhou ,China ;Thermo 510M-01型多功能参数测定仪 Thermo Scientific CO.Ltd. ,USA ;无菌操作台 北京,恒温培养箱 北京。

1.2 实验方法

1.2.1 样品及细菌总数检测方法 将猪肉切块,大小一致(约为3×2.5×0.7cm³),重量为(0.5±0.01)g,置于冰箱(4℃)备用。细菌总数参照GB4789.2-03,采用平板计数法。将5g处理过的样品在无菌条件下剪碎,加入45mL无菌生理盐水,制成10⁻¹倍稀释液,用10倍递增法进一步稀释成10⁻²、10⁻³稀释度的稀释液,取1mL稀释液于灭菌平板中,倒入灭菌营养琼脂培养基15~20mL,置于37℃恒温培养箱中培养,48h后计数。

1.2.2 电解水制备 强酸水CE-7001型赛爱酸性电解水发生器制备,使用的电解液是NaCl溶液。电解水制备后立即使用。测定电解水的物理指标包括 pH、氧化还原电位(ORP)和ACC。其中pH和ORP使用Thermo 510M-01型多功能参数测定仪测定,ACC采用碘量法滴定。

1.2.3 浸泡时间对杀菌效果的影响 强酸水的ACC、ORP和pH分别为 57.51mg/L,1135.1mV,2.53。将样品浸泡于10倍体积的强酸水中,即肉水比m:v=1:10(g:mL),浸泡时间分别为1、3、5、8、10、12、15min,检测处理后的各组样品的细菌总数。

1.2.4 肉水比对杀菌效果的影响 强酸水的ACC、ORP和pH分别为 57.51mg/L,1105.0mV,2.56。自来水和强酸水各设四个处理组,分别为:肉水比(m:v)1:3、1:5、1:7、1:10,浸泡时间10min,检测处理后各组的细菌总数。

1.2.5 不同有效氯含量强酸性电解水的杀菌效果 制得的强酸水的指标如表1所示。

表1 强酸性电解水的指标(28℃)

Table 1	Physical and chemical parameters of SAEW(28℃)					
指标	自来水	SAEW ₁	SAEW ₂	SAEW ₃	SAEW ₄	SAEW ₅
ACC (mg/L)	0.00	29.62	43.57	50.54	73.19	88.87
ORP (mV)	264.7	1090.4	1112.9	1120.5	1123.0	1123.6
pH	7.68	2.86	2.69	2.60	2.53	2.50

设置6个处理组,各处理组的水的指标如表1所示。将准备好的样品按照肉水比(m:v)=1:7浸泡于自来水和强酸水中,浸渍10min后,将样品取出,沥干水分,测定各处理组样品的细菌总数。

1.2.6 浸渍过程中强酸水各指标的变化 将猪肉样

品浸渍于ACC 57.51mg/L,ORP 1138.7mV,pH 2.55的强酸水中,m:v分别为1:3、1:5、1:7、1:10,分别在1、3、5、8、10、12、15min时测定其ACC、ORP和pH。

1.2.7 多次浸渍实验 所用强酸水的指标为ACC=60.54mg/L,ORP=1120.8mV,pH=2.64。将猪肉样品浸渍于上述强酸水中,时间为3min,取出,换水浸渍3min,依次共浸渍5次,每次的m:v为1:10。

1.2.8 数据分析 利用SPSS对数据进行统计和方差分析(Duncan,P<0.05),每个样品做三个平行。

2 结果与分析

2.1 浸渍时间对杀菌效果的影响

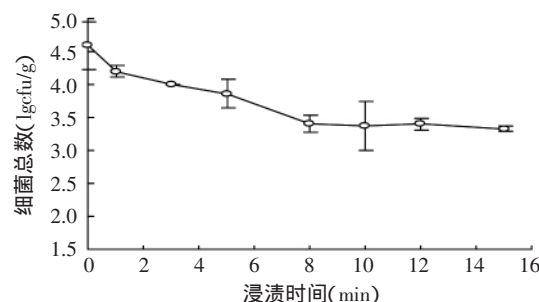


图1 浸渍时间对猪肉杀菌效果的影响

Fig.1 The disinfection effect of strongly acid electrolyzed water after different soaking time for pork

浸渍时间分别为1、3、5、8、10、12、15min时,样品细菌总数的变化如图1所示。由图1可知,在8min内,随着浸渍时间的延长,细菌总数呈下降趋势,浸渍时间从1min到8min,细菌总数的对数从4.59下降到3.40。此后,再继续延长浸泡时间至15min,细菌总数下降不明显。

2.2 肉水比对杀菌效果的影响

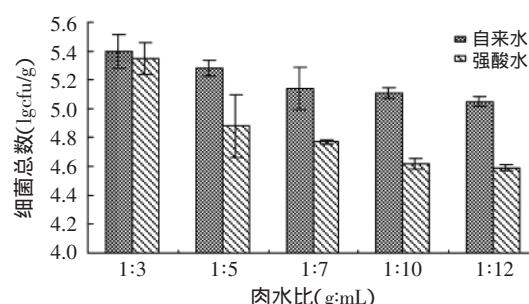


图2 肉水比对猪肉杀菌效果的影响

Fig.2 The disinfection effect of SAEW supply volum for pork

肉水比对杀菌效果的影响如图2所示。由图2可知,随着用水量的增加,即肉水比分别为1:3、1:5、1:7、1:10、1:12时,自来水处理组的细菌总数分别为5.40、5.28、5.14、5.11、5.05lgcfu/g;强酸水处理后的细菌总数分别为5.35、4.88、4.77、4.62、4.59lgcfu/g。相同肉水比条件下,自来水处理组细菌总数均高于强酸水处理组,说明自来水浸泡仅能洗去少量的微生物,而且在m:v小于1:7即用水体积大于样品质量的7倍后,细菌总数趋于稳定。强酸水m:v=1:10时,比自来水组降低0.42lgcfu/g,比空白对照组降低1.03lgcfu/g(样品的原始菌数为5.62lgcfu/g),继续增加强酸水的用量,细菌总数降低趋于平缓。

表2 强酸水有效氯(ACC)含量对杀菌效果的影响

Table 2 The disinfection effect of SAEW of different ACC for pork

	未处理组	自来水	SAEW ₁	SAEW ₂	SAEW ₃	SAEW ₄	SAEW ₅
细菌总数(lgcfu/g)	5.04±0.06a	4.36±0.03b	4.11±0.07b	3.82±0.10c	3.77±0.03c	3.65±0.27c	3.61±0.06c
杀菌率(%)	—	79.1*	88.2	93.9	94.6	95.9	96.3

注 采用Duncan's 方差分析,其中a、b、c表示显著性差异,其中n=3, $p < 0.05$, *表示自来水的除菌率。

2.3 不同有效氯含量对强酸水的杀菌效果

如表2所示,自来水的浸泡洗涤作用能使细菌总数从5.04lgcfu/g下降到4.36lgcfu/g,除菌率79.1%。SAEW₁的ACC为29.62mg/L,浸渍样品10min后,细菌总数为4.11lgcfu/g,杀菌率88.2%。随着强酸水ACC的增加,细菌总数不断下降,当ACC为88.87mg/L(SAEW₅)时,细菌总数为3.61lgcfu/g,与未处理组相比下降1.43lgcfu/g,杀菌率96.3%,相对于自来水处理组,下降0.75lgcfu/g。当ACC为50.54mg/L和73.19mg/L,杀菌率分别为94.6%和95.9%。

2.4 浸渍过程中强酸水ACC、ORP及pH的变化

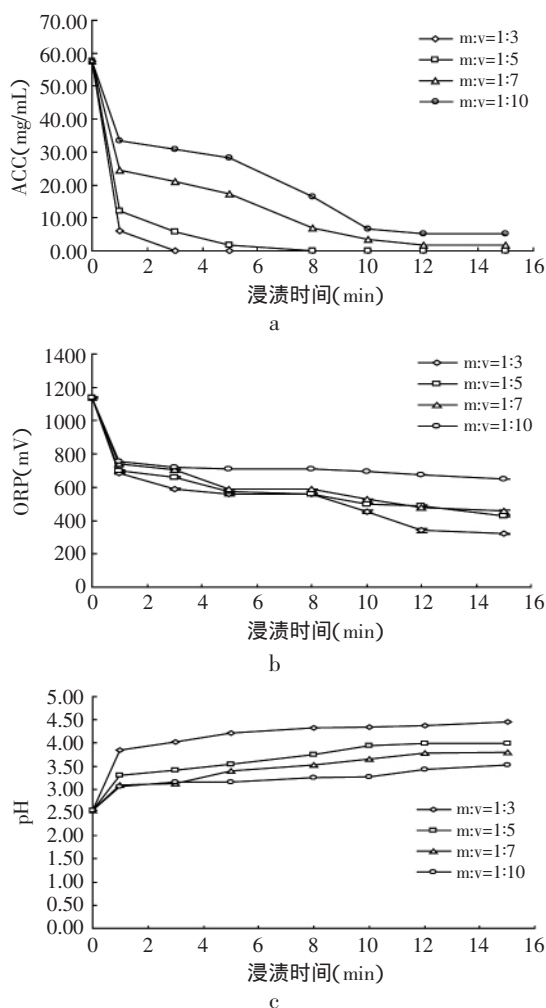


图3 浸渍过程中强酸水指标的变化

Fig.3 Changes of physicochemical parameters of SAEW during soaking treatments

浸渍过程中强酸水ACC、ORP及pH的变化如图3所示。浸泡1min内,ACC急剧下降,所用强酸水体积越少,下降越快。1min后,ACC持续下降,并且下降速率变缓慢。m:v为1:3时,ACC大约在3min内就从

57.51mg/L降为0。m:v为1:5时,在第8min降为0。m:v为1:7和1:10时,浸渍1min后,ACC分别下降到20.91、30.7mg/L,10min后,ACC为3.49、6.58mg/L。从10min开始,随着浸渍时间的延长,ACC变化不大。

与ACC变化相似,各处理组的ORP在1min从1138mV下降到686、701、738、753mV(如图3b所示)。1min后ORP下降趋于平缓。ORP的变化与ACC变化趋势相近,因为ORP与起氧化作用的成分HClO、ClO⁻等有很大关联,ACC含量越低,ORP值就越小。

与ACC和ORP的变化相对应,pH在1min内上升较快,pH从初始的2.55上升到3.84、3.30、3.10和3.06,而后上升趋势缓慢。最终pH分别为4.46、3.99、3.80和3.53。

肉中含有大量的碱性物质,在强酸性条件下,电解水中的有效氯以Cl₂、HClO等形式存在,Cl₂等成分易和有机物反应,形成结合状态有机氯化物^[8]。因此,和肉接触时,强酸水的ACC、ORP和pH会急剧下降,而后趋于平缓。

2.5 多次浸渍处理的杀菌效果

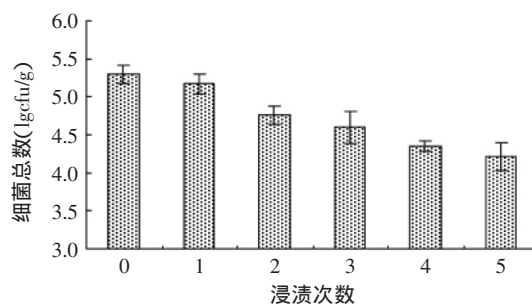


图4 多次浸渍处理对猪肉的杀菌效果影响

Fig.4 The disinfection effect of SAEW by different soaking treatments

如图4所示,猪肉样品的原始菌数为5.30lgcfu/g,浸渍3min后,细菌总数为5.17lgcfu/g,2次浸渍3min后细菌总数降至4.76lgcfu/g,与1次浸渍相比细菌总数显著减少($P < 0.05$)。3次浸渍后细菌总数为4.60lgcfu/g,4、5次浸渍后,细菌总数分别降至4.35lgcfu/g和4.21lgcfu/g,与对照相比,浸渍5次细菌总数下降了1.09lgcfu/g。因此,增加浸渍次数,能够进一步减少细菌总数。

浸渍1min后ACC迅速下降,1次浸渍3min后ACC由60.54mg/L降为27.88mg/L,2次浸渍后ACC为31.37mg/L,换水浸渍3min,ACC为33.54mg/L,4次浸渍后为36.37mg/L,5次浸渍3min后最终ACC为40.53mg/L。由此可知随着浸渍次数的增加,ACC的下降减缓。多次浸渍后强酸水的ACC增加,仍具有杀菌作用,但是细菌总数并没有显著降低,这是由于肉表面的纹理结构,使得电解水的渗透效果降低。此外,

肉内部具有一定数量的内生菌,所以细菌总数不会持续降低。

有文献报道,对于表面光滑的器具,强酸水的杀菌率在95%以上^[9-11],对菌悬液的杀菌率在99%左右^[12-13]。但是有研究表明,一些蛋白质和氨基酸等有机物的存在,使得菌悬液灭菌效果降低^[14-15]。如菌悬液中小牛血清蛋白的含量为1.5、3、15g/L时,强酸水处理20min对枯草杆菌黑色变种的平均杀灭率分别为99%、62.28%以及47.25%^[14]。强酸水在与肉接触时,其有效氯成分会和肉表面的有机物反应,形成结合状态有机氯化物,结合态氯的杀菌活性低于自由氯^[16]。因此,肉品的有机物含量和结构影响强酸性电解水的杀菌效果。但是,与乳酸和氯气的杀菌效果相比,强酸水对猪肉的杀菌效果更好^[3]。此外,有研究表明,与乳酸和乙酸等有机酸相比,电解水对对虾的感官影响较小^[17]。

3 结论

强酸性电解水处理降低了猪肉的细菌污染程度,与未处理组相比较,细菌总数减少1lgcfu/g以上,与自来水的除菌效果相比较,能使猪肉样品的细菌总数下降大约0.75lgcfu/g。

强酸性电解水的杀菌效果与有效氯含量、强酸水用量和接触时间相关。由于肉的肌肉组织结构复杂,阻碍了电解水和细菌的接触。表面的碱性物质和一些有机物和电解水发生反应,导致了在1min内,强酸性电解水ACC以及ORP的迅速下降,pH的上升。所以若要提高杀菌效果,需要适当地提高有效氯浓度,增加强酸水的用量和延长样品接触时间,多次浸渍处理也能够使得细菌总数进一步减少。

参考文献

- [1] Ozer N P, Demirci A. Electrolyzed oxidizing water treatment for decontamination of raw salmon inoculated with *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* Scott A and response surface modeling[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(3): 234-241.
- [2] Fabrizio K A, Cutter C N. Application of electrolyzed oxidizing water to reduce *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat meats[J]. Meat Science, 2005, 71: 327-333.
- [3] Fabrizio K A, Cutter C N. Comparison of electrolyzed oxidizing water with other antimicrobial intervention to reduce pathogens

on fresh pork[J]. Meat Science, 2004, 68: 463-468.

- [4] Ding T, Rahman S M E, Purev U, et al. Modelling of *Escherichia coli* O157:H7 growth at various storage temperatures on beef treated with electrolyzed oxidizing water[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 97(4): 497-503.
- [5] Ren T, Su Y C. Effects of electrolyzed oxidizing water treatment on reducing *Vibrio Parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in raw oyster[J]. Journal of Food Protection, 2006, 69(8): 1829-1834.
- [6] Huang Y -R, Hsieh H -S, Lin S -Y, et al. Application of electrolyzed oxidizing water on the reduction of bacterial contamination for seafood[J]. Food Control, 2006, 17: 987-993.
- [7] 刘晔, 任占东, 刘志宽, 等. 氧化电位水处理杀灭速冻饺子肉馅微生物[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 119-122.
- [8] 李里特, 刘海杰. 酸性离子水的消毒效果[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(2): 104-106.
- [9] 李盛, 徐庆华, 谢慧娟, 等. 高氧化还原电位酸性水杀灭微生物效果的实验观察[J]. 中国消毒学杂志, 2000, 17(1): 9-11.
- [10] Venkitanarayanan K S, Ezeike G O, Huang Y -C, et al. Inactive of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on plastic kitchen cutting boards by electrolyzed oxidizing water[J]. Journal of Food Protection, 1999, 62: 857-860.
- [11] Parl H, Huang Y C, Chung D. Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactive *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 91: 13-18.
- [12] 曾新平, 林黎, 张经纬, 等. 酸性氧化电位水对金黄色葡萄球菌的杀灭效果研究[J]. 中国消毒学杂志, 2008, 25(4): 355-358.
- [13] 董小峰, 张志成, 孙晔. 酸性氧化电位水对细菌芽孢的杀灭效果及其影响因素观察[J]. 中国消毒学杂志, 2008, 25(5): 507-509.
- [14] Oomori T, Oka T, Inuta T, et al. The efficiency of disinfection of acidic electrolyzed water in the presence of organic materials[J]. Analytical Science, 2000, 16: 365-369.
- [15] Rahman S M E, Ding T, Oh D -H. Effective of low concentration electrolyzed water to inactive foodborne pathogens under different environmental conditions[J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 139: 147-153.
- [16] White G C. Handbook of chlorination alternative disinfectants (3rd ed)[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992: 184-240.
- [17] 谢军, 孙晓红, 潘迎捷, 等. 电解水和有机酸对虾的杀菌效果及感官品质影响[J]. 食品与发酵工业, 2010(5): 57-63.

(上接第143页)

- [10] 吴荣金, 林泽浩, 陈键, 等. 凤眼莲叶绿素的提取及其性质的稳定性[J]. 仪器仪表与分析监测, 2007(1): 32-33.
- [11] BAARDSETH P, VON ELBE J H. Effect of ethylene, free fatty acid, and some enzyme systems on chlorophyll degradation[J]. Food Sci, 1989, 54: 1361-1363.
- [12] ZHANG MIN, DING XIAO -LIN. Pigmental improvement of

green vegetables by controlling free radicals during heat dehydration[J]. Drying Technology, 1998, 16: 333-339.

- [13] 万素英, 赵亚军, 李琳. 食品抗氧化剂[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 8-9.
- [14] 张继, 马越峰, 王莱, 等. 乌拉尔甘草色素的稳定性研究[J]. 食品科学, 2002, 23(8): 181-184.